ASPECTOS DE MANTENIMIENTO EN EL PROYECTO DE UNA NUEVA PLANTA DE GASOLINAS DE ANCAP

Ing. Índ. Mecánico Diego Irabedra
Humboldt 3900 – Montevideo - Uruguay
ANCAP – Refinería La Teja

RESUMEN

Este trabajo describe la experiencia sobre aspectos de mantenimiento en el proyecto de una nueva planta de gasolinas, de alta complejidad y funcionamiento continuo.

En un período de 7 años del proyecto, hasta el primer año de operación, se describen las principales actividades de ingeniería orientadas al mantenimiento de las instalaciones.

Al inicio se comentan las bases de diseño de la planta, que plantearon restricciones por los requerimientos de proceso y dieron lugar a las primeras disposiciones orientadas al mantenimiento de los equipos.

Desde la ingeniería básica se especificaron requisitos técnicos relacionados al futuro mantenimiento de los equipos.

Durante el diseño detallado, y suministro de equipos y materiales, se aplicaron diversas estrategias y análisis para evaluar un diseño compatible con la operación sostenible de las instalaciones. Ello involucró actividades como el planeamiento de espacios, dispositivos auxiliares, categorización de equipos críticos, verificación de interferencias físicas y otros.

Al finalizar la construcción y dar lugar a la puesta en marcha, se verificó una importante transferencia desde los expertos de proceso y tecnólogos de nuevos equipos al personal de planta, en vista de la futura atención de las instalaciones.

A partir de la puesta en operación y durante el primer año se puso en práctica una estrategia de asistencia decreciente del constructor hacia el propietario operador de las instalaciones, que iniciaba el mantenimiento.

Como conclusión, se hacen notar aspectos importantes a considerar aún en proyectos de diferentes características, para articular las etapas de diseño y construcción con una eficiente vida operativa de los activos.

1 – Alcance del proyecto

1.1 - El proyecto de complejo de gasolinas consistió en la modificación de instalaciones existentes asi como construcción de nuevas unidades de proceso de alta complejidad en la Refinería La Teja, orientadas a la mejora de calidad de las gasolinas.

1.2 - Dado que las definiciones de los aspectos de mantenimiento surgieron de la interacción de los diferentes participantes, a continuación se listan los actores principales:

- el Propietario – ANCAP
- el proveedor de ingeniería básica y de licencias de proceso propietarias - AXENS/IFP
- el consultor especialista que asistió a la gerencia del proyecto - Beicip Franlab
- el contratista reponsable de los suministros, ejecución de ingeniería de detalle, construcción, asistencia a la puesta en marcha y asistencia inicial al mantenimiento de las plantas construídas. - consorcio TECHINT ABB
- Los diferentes proveedores de equipos
- Los proveedores de financiación del proyecto

1.3 - El proyecto consistió de tres subproyectos físicos principales:

a) la construcción de un complejo de 3 plantas de procesamiento de gasolinas consistente en una planta de Hidrotratamiento de 18.000 bpsd de capacidad, una planta de Reforming Catalítico con regeneración continua para 12.000 bpsd y una planta de Isomerización con capacidad de 6.000 bpsd.

b) la modificación parcial para aumento de capacidad de las unidades existentes de destilación atmosférica, destilación al vacío y cracking catalítico

c) construcción de instalaciones de almacenaje, bombeo y transferencia anexas a las unidades de proceso mencionadas, y los servicios auxiliares necesarios para servir a las unidades nuevas y modificadas.

2 – Principales activos incluidos en el proyecto

A continuación se describen las cantidades de equipos y materiales más significativas con el propósito de ubicar al lector en las dimensiones y complejidad del proyecto:

2.1 - Equipos principales

- 7 hornos
- 12 compresores
- 100 bombas
- 77 intercambiadores de calor
- 10 torres
- 77 recipientes y reactores
- 10 aeroenfriadores
- 6 tanques de almacenamiento
- sistema de generación de vapor en hornos
- equipos paquete y de dosificación de aditivos
- torre de enfriamiento
- ampliación del sistema de control distribuído

2.2 - Materiales y obra instalada

- Obras civiles: 1800 pilotes, 8800 m3 de hormigón y más de 1100 Ton. de estructuras metálicas.
- Electricidad e Instrumentos: 220 Km de cables, 20 Km de canalizaciones, y 2600 nuevos instrumentos.
- Cañerías: 2300 Ton. de nuevas cañerías.

3 – Desarrollo temporal

El proyecto iniciado con las etapas de identificación y factibilidad, y hasta la puesta en marcha y verificación de rendimiento insumió un período de aproximadamente 7 años.

En el desarrollo del mismo se pueden mencionar las siguientes etapas principales, que se listan en forma secuencial según se ejecutaron en el proyecto:

- a) identificación del proyecto (año 1 y anterior)
- b) análisis de factibilidad (año 1 y anterior)

- c) definiciones preliminares por ANCAP (año 2, durac. 6meses)
- d) selección de tecnología de procesos y de ingeniería básica (año 2, durac. 5meses)
- e) ejecución de ingeniería básica (año 3 durac. 5 meses)
- f) identificación y precalificación de candidatos para ingeniería de detalle, suministros y construcción (año 3 durac. 4 meses)
- g) ejecución de ingeniería de detalle, suministros y construcción (año 4 al 7)
- h) asistencia a la puesta en marcha (año 7 durac. 3 meses)
- i) asistencia al mantenimiento en la etapa de operación inicial, por parte del constructor. (año posterior a la puesta en marcha, durac. 12 meses)

4 – Acciones orientadas al mantenimiento en las fases del proyecto

4.1 - Desde las etapas iniciales del proyecto (año 1) ANCAP adoptó definiciones que se vinculan con el mantenimiento como ser el espectro de proveedores de equipos, y la normativa específica de los mismos. Esta última, a grandes rasgos está alineada con la normativa del Instituto Americano del Petróleo (API) , los Códigos de diseño de la Sociedad Americana de Ingenieros Mecánicos (ASME), las especificaciones del Instituto Nacional Americano de Estandarización (ANSI), la Sociedad Americana para Ensayo de Materiales (ASTM) entre otras.

A modo de ejemplo se mencionan las siguientes normas adoptadas para equipos dinámicos:

API 610 para bombas centrífugas de proceso, API 682 para sellos mecánicos, API 618 para compresores reciprocantes, API 617 para compresores centrífugos de proceso, API 612 para turbinas de accionamiento, API 614 para sistemas de lubricación.

Para la mayor parte de los recipientes a presión se aplicó el Código ASME Sección VIII Div. I, y para las tuberías en general el Código ANSI B 31, en particular el capítulo B31.3 para refinerias y plantas petroquímicas.

La adopción de este marco normativo situó rápidamente al proyecto en un ambiente orientado a las prácticas modernas de mantenimiento para esta rama de la industria, puesto que las normas implican características constructivas, de robustez y de capacidad de operación continua que están suficientemente probadas.

En la etapa de formulación de requerimientos de proceso e ingeniería básica se adoptaron varias premisas de impacto sobre el mantenimiento, como ser la exigencia de funcionamiento continuo de las plantas por períodos no menores a 36 meses, la necesidad de contar con equipos duplicados (1 equipo en operación + 1 equipo en standby) en diversas posiciones del proceso, la identificación de equipos

mayores que se instalarían como únicos pero especificando la provisión de un conjunto completo de repuestos mayores para asegurar su disponibilidad.

4.2 - Durante la etapa de ingeniería de detalle y gestión de suministros (años 4 y 5) se desarrollaron distintas actividades de diseño y especificación de equipos con contenidos asociados al futuro mantenimiento. Podemos clasificar estas condicionantes en 2 grupos, a saber las siguientes:

?? área de diseño físico de las instalaciones

?? área de estudios de ingeniería y documentación técnica

4.2.1. - en el diseño físico se trataron los siguientes aspectos:

- estudios geométricos de interferencia de los futuros desarmes requeridos por el mantenimiento

- diseño de layout, vías resistentes y accesibilidad del equipo móvil de mantenimiento

- agregado de elementos de izaje auxiliares para desarme y estructuras metálicas desmontables.

Para los conceptos anteriores se utilizaron herramientas tales como la modelización en maqueta electrónica de la nueva planta, con lo cual se analizaron los requerimientos de espacio de las maniobras usuales del mantenimiento, tales como apertura d elos intercambiadores de calor de tubo y carcasa, y el retiro de los mazos tubulares para limpieza y/o reparación.

Para ilustrar un caso de modelización del espacio de desarme de un grupo de intercambiadores de calor, y análisis del desmontaje de recipientes de proceso, se adjunta la Figura 1 como Anexo al final del documento.

Asimismo se analizaron los desarmes de recipientes que eventualmente requieran sustitución en el futuro, diseñando estructuras auxiliares de izaje tales como monorieles, y elementos estructurales desmontables.

Se verificaron los espacios para extracción de piezas internas de recipientes y la capacidad portante de las plataformas auxiliares destinadas a estacionar temporalmente esas piezas.

En la principal casa de máquinas que aloja los mayores compresores de proceso, se diseñó un importante puente grúa dimensionado para las mayores partes de

equipo, con un área de carga reservada para eventual transferencia de las piezas hacia los vehículos de transporte.

En las premisas de diseño adoptadas por ANCAP en las etapas iniciales, se definían los equipos que serían atendidos con grúas móviles en el futuro mantenimiento. Así se diseñaron las vías de acceso y espacios de maniobra con resistencia suficiente para las futuras actividades.

Se puede destacar el caso de la nueva antorcha (tag 651 L) ubicada sobre la línea de costa de la bahía de Montevideo; esta instalación está diseñada para proveer de un sistema seguro de quema de gases excedentes en caso de perturbaciones temporales del proceso y consiste esencialmente de tubería vertical y un quemador especial ubicado a una elevación aproximada de + 80 m sobre el nivel de la planta.

Este quemador, si bien dispone de metalurgia especial para su servicio, requiere de mantenimiento en las paradas programadas y por ello representa un desafío de desmontaje en altura. Por estas razones, y luego de evaluar la dificultad de contar con grúas adecuadas en el país, se optó por diseñar un malacate autoportante integrado a la estructura del sistema y así contar con un medio de izaje autocontenido.

4.2.2. - estudios de ingeniería y documentación técnica

Entre estos estudios se destacan los siguientes:

- definición de equipos críticos mayores, para definir necesidades de repuestos especiales que aseguren su disponibilidad en la puesta en marcha y durante el período de operación inicial, que se definió no menor a 2 años.

- Definición del conjunto de repuestos para los equipos que ANCAP entendió principales para la disponibilidad de las nuevas plantas. Este grupo incluyó a las bombas centrífugas, los compresores reciprocantes, los hornos de proceso, las válvulas de alivio de presión de los recipientes, y los intercambiadores de calor.

  En particular para las bombas centrífugas se manejaron como repuestos obligatorios a ser entregados por el proveedor los conjuntos rotantes y los sellos mecánicos, y se especificaron mayor cantidad de piezas para las bombas consideradas críticas desde el punto de vista de su impacto en el funcionamiento de cada planta.

  La categoría de bomba crìtica se definió para las bombas que cumplieran al menos una de las siguientes condiciones:

    - diferencial de presión mayor a 200 m de columna del fluido

- diseño mecánico especial (por ejemplo bombas de alta velocidad de rotación o bombas con acople magnético)
- bomba de alimentación de una unidad de proceso
- bomba para trabajo a temperatura mayor de 250 ºC

- En conjunto con el tecnólogo responsable del proceso se definieron aquellos equipos centrales para los cuales se exigió el desarrollo de manuales de mantenimiento basado en condición que debían ser terminados antes del fin de la construcción.

  Asimismo se requirió que los equipos involucrados fueran provistos con las conexiones y accesorios para permitir la implementación de las prácticas de monitoreo de condición tales como puntos de medición de temperaturas, vibraciones etc.

  Entre estos equipos centrales se identificaron los siguientes:

  - turbocompresor centrífugo de proceso (para gas Hidrógeno) tag 2201 J
  - turbinas de vapor tags 251 JT y 2201 JT
  - analizadores de proceso en línea
  - hornos de proceso de fuego directo tags 2201/2/3/4B, 2205 B, 2102B y 2401 B
  - medidores de nivel de catalizador por radiación gama
  - compresores reciprocantes de proceso tags 2101 J, 2307 J, 2308 J y 2401 J
  - equipo de purificación de Hidrógeno

- Asimismo durante la ingeniería de detalle se desarrolló un análisis de riesgo y operabilidad (HAZOP), que brindó una extensa lista de recomendaciones para controlar riesgos asociados a la operación de las unidades. Este estudio se llevó a cabo siguiendo normas habituales de la industria de proceso con participación de un equipo integrado con los diferentes perfiles involucrados en el diseño, operación, mantenimiento y prácticas de seguridad de las plantas.

  Dentro del espectro de recomendaciones resultantes se observan algunas vinculadas al futuro mantenimiento de las instalaciones, tales como privilegiar el desarme y reparación de áreas más expuestas a corrosión, ajustar frecuencias de mantenimiento preventivo en los dispositivos de seguridad con mayor

impacto potencial en caso de falla y prácticas especiales recomendadas para el desarme de equipos potencialmente peligrosos.

- En la línea de maximizar la capacidad de estudio y previsión del futuro mantenimiento, se desarrolló un manual de estudios de mantenimiento que contiene los siguientes capítulos, y que complementan las instrucciones del mantenimiento basado en condición de los equipos centrales.
  Los contenidos de este manual se describen en el punto 5 – Documentación.

5 – Documentación

Como principales documentos elaborados para sostener la operación y el mantenimiento de los nuevos equipos instalados, se generaron los catálogos mecánicos, que contienen la información técnica detallada de las instalaciones, y que contienen los manuales provistos habitualmente por las fábricas.

Como complemento de estos catálogos mecánicos, se emitieron a través de un manual de mantenimiento de las unidades, las prácticas de mantenimiento de rutina e instrucciones para monitoreo de condición, en conjunto con otras instrucciones orientadas al mantenimiento y que se resumen en el siguiente listado:

- conceptos de mantenimiento de rutina para bombas y compresores
- procedimiento de desmontaje de equipos mayores tales como los hornos de proceso y las mayores torres de proceso.
- resumen de clases de metalurgia de cañerías y procedimientos de soldadura aplicables
- tablas de cantidades instaladas de cañerías, para referencia y planificación del mantenimiento y stocks

6 – Capacitación

Durante el proyecto, en que se desarrollaron 26 actividades de capacitación orientadas a distintos niveles de personal y que representaron más de 500 horas-instructor, se llevaron a cabo instrucciones específicas de mantenimiento de equipos nuevos, principalmente para los detallados en el punto 4.2.2 como equipos centrales de las plantas.

En las actividades vinculadas con el mantenimiento se combinaron sesiones de aproximación técnica de sala con revisiones de los equipos en campo.
En algunos casos de equipos que se recibieron en obra con un armado parcial, se utilizó la instancia de armado final y de verificaciones preoperativas con asistencia de fábrica, para tomar contacto con los detalles del nuevo equipo.

7 – Asistencia inicial en mantenimiento

El contrato de ingeniería y construcción aplicado para este proyecto contenía cláusulas de garantías alineadas con las prácticas internacionales, pero ANCAP decidió incluír el requerimiento de la presencia física en la planta de ciertos técnicos de la empresa constructora durante el período de 12 meses posterior a la aceptación provisional de la obra.

Este requerimiento atendió a dos finalidades principales: la primera de "corporizar" los términos de garantía del contrato, asegurando una rápida respuesta ante incidentes vinculados a las garantías, y la segunda de lograr un fluido y progresivo pasaje de las actividades de mantenimiento de las nuevas plantas a ANCAP, con el soporte decreciente en el tiempo por parte del constructor.

Para la implementación de esta iniciativa se estipularon el número y las calificaciones del personal requerido en planta, destacando que debían poseer experiencia en estas actividades de soporte y el haber participado en la construcción. Adicionalmente se establecieron los regímenes de presencia que se requerían en planta, así como los procedimientos de coordinación con los técnicos de ANCAP.

Mediante el trabajo en conjunto de ANCAP y el constructor se logró un satisfactorio avance en la implementación de los planes de monitoreo y mantenimiento de los nuevos equipos, en línea con los contenidos de los manuales mencionados anteriormente y con las prácticas reconocidas para el ramo de la industria.

Durante el período de 12 meses se controlaron del orden de 140.000 lecturas de variables de proceso relacionadas con los equipos, así como del orden de 50.000 valores de vibraciones, y más de 20.000 lecturas de presión, temperatura y niveles de fluidos en las nuevas máquinas.

En el mismo período se realizaron aproximadamente 100 intervenciones preventivas en el marco de las garantías, en algunos casos con presencia de las fábricas proveedoras de equipos.

Estas instancias en la mayoría de los casos también aportaron a la transferencia de conocimientos a ANCAP para propósitos de mantenimiento de los nuevos equipos.

8 – Conclusiones

La experiencia desarrollada en este proyecto permite recomendar la consideración de los aspectos de mantenimiento que se han mencionado, desde las etapas tempranas, tanto para proyectos complejos como para otros de menor entidad.

En el mismo sentido es aplicable el concepto general de la gestión de proyectos que establece que las decisiones de las etapas tempranas son las que tienen mayor impacto en el producto final, y también que los cambios o decisiones alternativas tomadas en etapas tardías afectan adversamente la economía y calidad de los proyectos.

La experiencia realizada, que ha permitido transcurrir un período inicial de operación de 16 meses con una máxima disponibilidad mecánica se considera el resultado combinado de buenas etapas de diseño, construcción y puesta en marcha con un apreciable contenido orientado al mantenimiento y la sustentabilidad de la operación.

A modo de conclusión y como puntos altamente recomendables derivados de esta experiencia se pueden citar los siguientes:

- involucramiento en las etapas oportunas del personal relacionado al mantenimiento de las instalaciones, con fines de aportar criterios especializados orientados al período de operación y por consiguiente de mantenimiento.

- definición en las etapas iniciales del diseño, de los criterios de mantenimiento, para armonizar (optimizar) el diseño en función de las prácticas previstas de mantenimiento.

- enfatizar la calidad de transferencia de conocimientos desde los proveedores y constructores hacia el Propietario, especialmente en la etapa de finalización de la construcción (verificaciones preoperacionales) e inicio de la operación (puesta en marcha).

- utilizar las potenciales ventajas de negociación con proveedores de equipos y servicios en las etapas oportunas de las adquisiciones, para obtener óptimos servicios de asistencia a mantenimiento, y provisiones de repuestos.

ANEXO

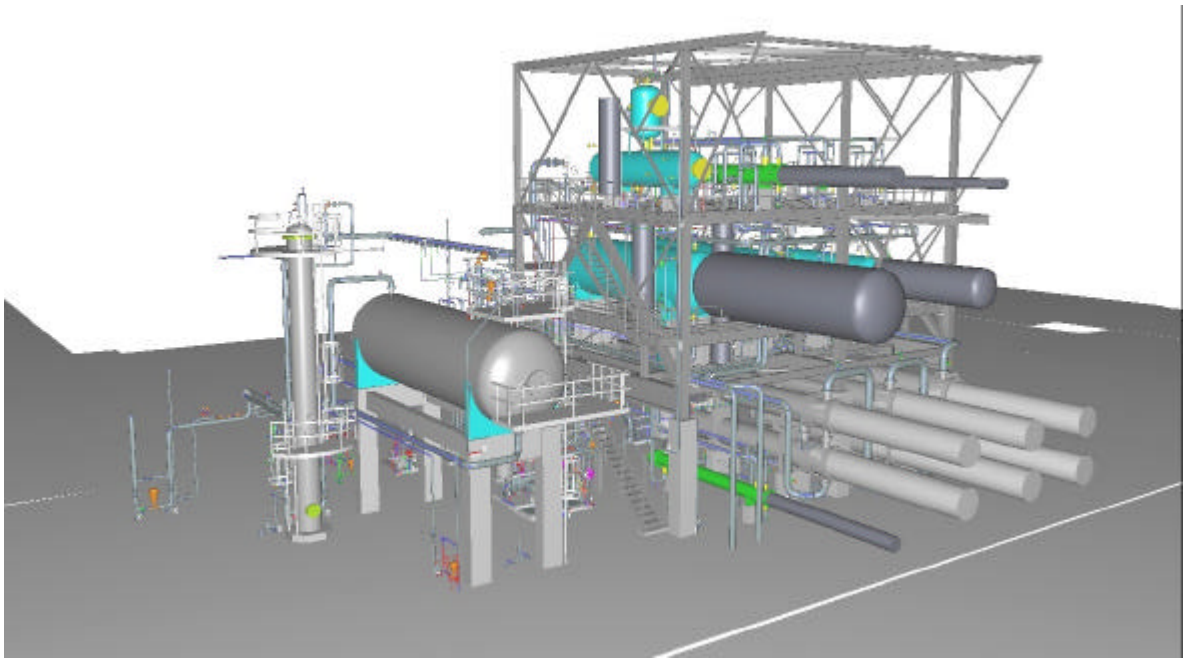

Figura 1 – modelo en maqueta electrónica